

**КАЧЕСТВО И ОХРАНА ВОД,  
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

УДК 628.394.17:665.6(262.54+262.5)

**ДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВОДЕ И ДОННЫХ  
ОТЛОЖЕНИЯХ АЗОВСКОГО И ЧЕРНОГО МОРЕЙ ПОСЛЕ АВАРИИ  
СУДОВ В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ**

© 2011 г. А. А. Клёнкин, С. А. Агапов

*Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства*

*Федерального агентства по рыболовству*

*344002 Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21/2*

Поступила в редакцию 24.02.2010 г.

Рассмотрена динамика содержания нефтепродуктов, попавших в водную экосистему после аварии в Керченском прол. Проанализированы результаты многолетнего мониторинга и определены отличия в концентрациях и распределении нефтяных углеводородов в Азовском и Черном морях после аварийного разлива. На основании всех имеющихся данных реконструирован примерный ход событий, которые привели к подобному перераспределению в морских экосистемах попавшего после аварии мазута.

*Ключевые слова:* водная экосистема, мониторинг, нефтяное загрязнение, нефтепродукты.

Ночью 10–11 ноября 2007 г. с Балканского региона на акватории Черного и Азовского морей вышел южный циклон. В результате в районе Керченского прол. произошло резкое увеличение скорости ветра до 28–32 м/с и изменилось его направление, которое практически совпало с “осью” Керченского прол. Эти факторы способствовали формированию волнения в проливе до 6–7 баллов [2]. Разыгравшийся шторм стал причиной того, что 11 ноября в Керченском прол. затонули четыре судна (сухогрузы “Вольногорск”, “Нахичевань”, “Ковель”, “Хачь Измаил” – Грузия); были сорваны с якорей и сели на мель шесть судов: сухогрузы “Вера Волошинская” (Украина), “Зияя Кос” (Турция), “Капитан Измаил” (Турция), баржи “Дика”, “Диметра”, плавкран “Севастополец”; получили повреждения два танкера (“Волгонефть-139”, “Волгонефть-123”), один из которых (“Волгонефть-139”) разломился и затонул. Заякоренная носовая часть танкера после аварии осталась на месте, а корму под действием ветра и течений отнесло к о. Тузла и выбросило на мель. В результате перелома танкера, перевозившего ~5 тыс. т мазута, произошел разлив нефтепродуктов (НП). Количество попавших в воду загрязняющих веществ (ЗВ) оценивается разными источниками по-разному и колеблется от 1.5 до 4 тыс. т. Однако большинство специалистов считает, что в воду вылилось до 2 тыс. т НП [10]. Из носовой части танкера вытекло ~1000 т мазута. Из кормовой части в море поступило еще ~600 т мазута. Остальное загрязнение пришлось на дизельное топливо, попавшее в пролив из других поврежденных и затонувших судов.

Количество собранных после аварии НП можно оценить лишь приблизительно. Согласно данным администрации Краснодарского края, межведомственного экологического центра АН Украины на Крымском берегу Украины было собрано ~5–7 тыс. т загрязненного мазутом грунта [16]. С 160 км российской береговой линии в районе Керченского прол. было вывезено на полигоны >70 тыс. т загрязненного грунта. Эти данные, по-видимому, завышены, так как содержание мазута в пробах песка колебалось от 4 до 30%. По самым скромным подсчетам получается, что мазута было собрано больше, чем его попало в воду в ходе аварии. Тем не менее, вполне вероятно, что большая часть мазута, попавшего в экосистему моря в ходе аварии, из-за сильнейшего шторма затем все же была выброшена на побережье.

Нефтяные танкеры терпят крушения почти ежегодно. Ущерб, наносимый при этом, определяется зачастую не объемом вылившейся нефти, а строением береговой зоны и расположением района, в которой это произошло. 24 марта 1989 г. в зал. принца Уильяма на Аляске налетел на рифы танкер “Эксон Валдез”. В залив вылилось >40 тыс. т нефти. Собрать удалось лишь ~8%. Однако этот не самый большой в истории аварий разлив нефтяного флота нанес ущерб природе больше, чем гораздо более серьезные разливы. По данным экологов погибли ~250 тыс. морских птиц, 2800 морских выдр, 300 тюленей, 250 орлов, 22 касатки. Последствия влияния аварийного разлива нефти на экосистему отмечались на протяжении 15 лет. Иски к компании-судовладельцу превысили 5 млрд долларов [19, 20].

**Таблица 1.** Содержание НП в воде Азовского и северо-восточной части Черного морей в 2004–2008 гг.

Год	Средняя концентрация, мг/л		Диапазон концентраций, мг/л		Кратность превышения ПДК	
	Азовское море	Черное море	Азовское море	Черное море	Азовское море	Черное море
2004	0.05	0.05	<0.015–0.26	<0.015–0.61	1.0	1.0
2005	0.05	0.04	<0.015–0.22	<0.015–0.17	1.0	0.8
2006	0.07	0.05	0.02–0.51	<0.015–0.20	1.4	1.0
2007	0.04	0.05	0.02–0.23	<0.015–0.51	0.8	1.0
2008	0.05	0.06	0.02–0.22	<0.015–0.25	1.0	1.2

Опасность загрязнения водных объектов нефтью и НП связана с присутствием в них соединений, опасных как для жизни водных организмов, так и для их функционального состояния [8, 9, 15]. При поступлении в водоем сырой нефти и НП, в отличие от большинства других ЗВ, происходит переход их в различные миграционные формы: в виде нефтяной пленки, водно-нефтяной эмульсии, сорбированных взвешенными частицами и донными отложениями (ДО) и растворенных в воде. Соотношения между отдельными формами миграции определяются совокупностью факторов, основные из которых – скорость течения, ветер, солнечная радиация, температура воды и воздуха, коэффициент турбулентной диффузии и свойства самого НП [7].

При разливах НП наряду с испарением происходит их физическое рассеивание, приводящее к образованию водонефтяных эмульсий, которые могут содержать от 30 до 80% воды. Тяжелые НП (например, мазут) быстрее образуют эмульсию. Стабильность этой фракции определяется условиями перемешивания, концентрацией, температурой и другими факторами. Через непродолжительный период времени после разлива (1–2 сут) доля эмульгированной нефти от оставшейся после испарения массы нефтяного загрязнения может достигать 80% [8, 11, 18]. Труднорастворимые и нелетучие остатки нефти сорбируются на взвешенных частицах, что приводит к их седиментации на дно [21].

### МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОВОДИМЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сразу после получения информации о массовом крушении судов ФГУП “АзНИИРХ” были организованы две экспедиции.

Первая экспедиция проходила 13–17 ноября 2007 г. вдоль береговой линии Темрюкского зал. Азовского моря и Керченского прол. Вторая экспедиция, проведенная в период 30 ноября–7 декабря 2007 г., охватывала южную и юго-восточную часть Азовского моря, Керченский прол. и предпроливье Черного моря (рис. 1). Кроме того, для дальнейшей идентификации источника нефтяного загрязнения в исследуемых пробах был отобран мазут из потерпевшего аварии танкера.

Во время экспедиций отбирались пробы воды и ДО. В Азовском море пробы воды отбирались с трех горизонтов – поверхностном, придонном и на середине водной толщи. В Черном море пробы отбирались в поверхностном и придонном горизонтах, на глубинах 10 и 20 м.

В табл. 1–3 приведено среднегодовое содержание НП, полученное в ходе проведения плановых мониторинговых исследований в Азовском море (2004–2008 гг.). Экспедиции проводились три раза в году в различные вегетационные периоды: весной, летом и осенью. Пробы воды и ДО отбирались на 34 стандартных станциях, равномерно распределенных по всему морю. Таким образом, среднегодовое содержание НП в море рассчитывалось на основании анализа 102 проб воды и 102 проб ДО.

Оценка среднегодовой загрязненности Черного моря (2004–2008 гг.) осуществлялась по результатам экспедиций комплексного экологического мониторинга, проводившихся летом и осенью. Пробы воды отбирались на 31 стандартной станции, которые расположены от Керченского прол. до г. Адлер. В прибрежном районе анализировали воду поверхностного и придонного, в глубоководном – поверхностного и промежуточных (10–50 м от поверхности) горизонтов. ДО отбирались на прибрежных станциях с глубин 13–38 м. Таким образом, среднегодовое содержание НП в море рассчитывалось на основании анализа 107 проб воды и 30 проб ДО.

Для отбора проб воды использовались батометры ГР-18, БМ-48, батометры системы Ван-Дорна.

**Таблица 2.** Содержание НП в воде и ДО различных районов Азовского моря (без учета Таганрогского зал.) в различные сезоны 2008 г.

Районы моря	Вода, мг/л			ДО, г/кг сух. массы		
	весна	лето	осень	весна	лето	осень
Северный	0.04	0.05	0.05	0.50	0.51	0.23
Западный	0.04	0.09	0.09	0.68	0.50	0.26
Южный	0.09	0.05	0.04	0.61	0.59	0.45
Центральный	0.05	0.05	0.07	0.83	0.79	0.45
Восточный	0.06	0.08	0.03	0.53	0.34	0.31



активности, подвижная фаза — смесь гексан : четыреххлористый углерод : уксусная кислота, в соотношении 70 : 30 : 2), позволяющий не только отделять мешающие вещества, но и выделить в отдельные зоны УВ ( $R_f = 0.9$ ), смолы и асфальтены ( $R_f = 0-0.4$ ). Количество УВ рассчитывается по формуле, установленной по корреляционным связям между концентрациями УВ, выделенных из 16 образцов различных сортов нефти и НП и их интенсивностям поглощения при  $\lambda = 270$  нм и  $\nu = 2926$  см<sup>-1</sup> и  $\nu = 2956$  см<sup>-1</sup>. УВ в образцах выделялись методом тонкослойной хроматографии, взвешивались после удаления элюента, и затем готовились растворы с известными концентрациями УВ из различных нефтяных образцов. Оптические характеристики измерялись для трех одинаковых концентраций независимо от вида образца в инфракрасной области спектра на ИК-спектрофотометре “Hitachi 270-50”, в ультрафиолетовой области — на спектрофотометре “Shimadzu UV-2450 (PC)”. Определение количества УВ, основанное на измерении поглощения элюатов одновременно в инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра, позволяет учитывать как ароматическую, так и парафино-нафтеновую фракции УВ независимо от их соотношения в исследуемой пробе.

Определение смолистых веществ проводили методом люминесцентной спектроскопии на спектрофлюориметре “Shimadzu RF-5301 (PC)” в области 500–550 нм. В этой области максимумы спектров люминесценции смол и асфальтенов, выделенных из различных сортов нефти и НП, отличаются от спектров соединений, экстрагируемых из исследуемых проб совместно с нефтяными компонентами и остающихся в той же хроматографической зоне, что и смолистые вещества.

Для идентификации источников загрязнения использовался метод газовой хроматографии (ГХ) алканов. Алканы определялись в УВ фракции, полученной после хроматографического разделения экстрактов воды и ДО. Идентификацию и количественное определение индивидуальных *n*-алканов, выделенных методом тонкослойной хроматографии, проводили методом ГХ с использованием хроматографа “Кристалл 200М” с 30 м капиллярной колонкой Equity<sup>TM</sup>-1. Использовалось температурное программирование термостата колонок: начальная температура составляла 80°C, затем температуру повышали до 270°C со скоростью 6°/мин и выдерживали эту температуру в течение 40 мин. Температура испарителя составляла 250°C, ионизационно-пламенного детектора — 300°C. Идентификацию осуществляли по относительному времени удерживания индивидуальных *n*-алканов.

Для нивелирования гранулометрического состава анализируемого грунта использовались средние концентрации (СХК) содержания НП в различных типах ДО Азовского и Черного морей

[4]. Для расчета СХК НП использовались результаты анализа ~2800 проб ДО, полученные в различные сезоны (весна, лето, осень) 1996–2005 гг. Результаты анализа 25% проб ДО одного типа, в которых концентрация НП имела минимальные значения, и 25% результатов с максимальной концентрацией были исключены. Среднее значение концентрации НП из оставшихся результатов анализа 50% проб было принято как характерное для данного типа ДО. Сравнение результатов анализа в абсолютных концентрациях с СХК дает безразмерную величину — кратность СХК

$$\text{кратность СХК} = \frac{C_{\text{НП}}}{\text{СХК}},$$

где  $C_{\text{НП}}$  — абсолютная концентрация НП; СХК — средняя характерная концентрация НП для различных типов ДО.

Кратность СХК характеризует подверженность данного района антропогенному воздействию в исследуемый период времени. В случае, если кратность СХК  $\leq 1$ , можно считать, что в данный район моря, вне зависимости от обнаруженных концентраций и типа анализируемого грунта, практически не было свежего поступления НП. При кратности СХК  $> 1$  можно считать, что данный район — район повышенного антропогенного воздействия в конкретный период времени и требует более детального исследования для установления источника загрязнения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Во время проведения первой экспедиции мазут был обнаружен во всех отобранных пробах воды и грунтов береговой линии. Это подтвердили газохроматографические исследования экстрагированных алканов (рис. 2).

Компонентный состав отобранных проб и исходного мазута оказались практически идентичными. Практически совпали и такие критерии, используемые для идентификации источников нефтяного загрязнения, как соотношение на хроматограммах разделенных сигналов *n*-алканов — “забор” и неразделенных компонентов — “горб”, отношение количества гептадекана  $C_{17}$  к количеству пристана и отношение количества октадекана  $C_{18}$  к количеству фитана [1].

В Азовском море и Керченском прол. обнаруженные в ходе экспедиций концентрации НП в воде были значительно  $>$ ПДК (в 26–3120 раз). В то же время в районах, где полоса мазута у побережья отсутствовала, концентрации практически не отличались от характерных в среднем для Азовского моря (0.04–0.09 мг/л или 0.8–1.8 ПДК). В Черном море у побережья Таманского п-ова нефтяное загрязнение также было ниже — 0.06 мг/л.

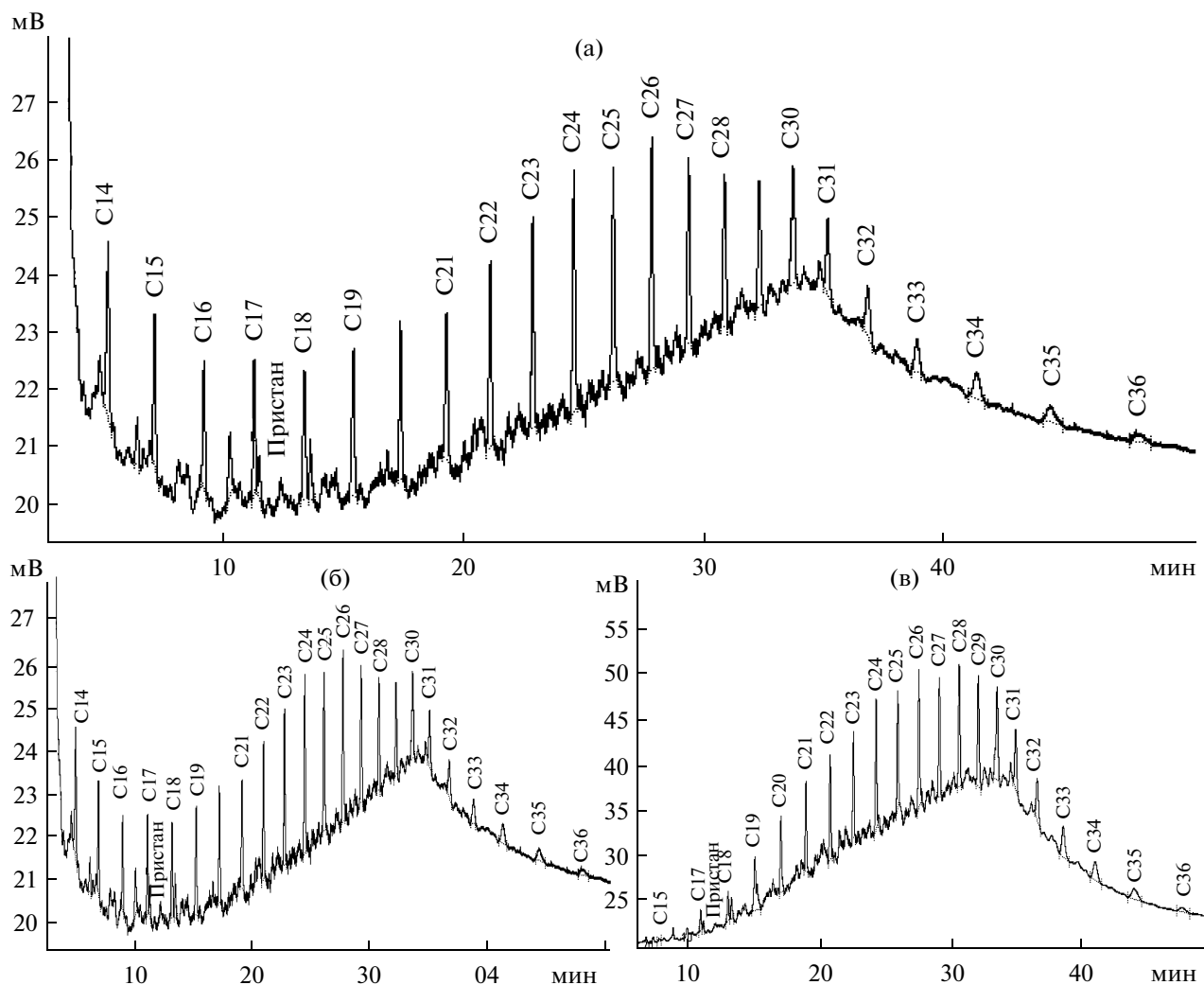


Рис. 2. Хроматограммы алканов, полученные при анализе проб в ходе первой экспедиции (13–17 ноября 2007 г.). а – мазут, отобранный из танкера “Волгонефть-139”; б – НП, собранные на побережье косы Тузла; в – НП, выделенные из воды в районе пос. Кучугуры.

При анализе проб, отобранных в ходе второй экспедиции, проведенной через 3–4 недели после аварии, оказалось, что концентрации НП в воде существенно снизились. Их диапазон в воде Керченского прол. составил 0.02–0.34 мг/л. Максимальное превышение ПДК (в 6.8 раза) обнаружено лишь в районе затонувшего судна. В среднем в поверхностном слое воды Керченского прол. концентрации НП составили 0.09 мг/л (или 1.8 ПДК), а в придонном – 1.4 ПДК.

Концентрации НП в ДО Керченского прол. менялись во время второй экспедиции в диапазоне 0.02–0.33 г/кг, составив в среднем 0.16 г/кг сух. массы. Оказалось, что обнаруженные концентрации как в абсолютных величинах, так и в относительных единицах (кратность СХК) не выходят за рамки значений для Азовского моря по результатам регулярных мониторинговых наблюдений [5]. Хроматограммы отобранных проб не соответствовали спек-

тральной картине, характерной для разлившегося мазута (рис. 3).

В воде Черного моря в ходе второй экспедиции концентрации НП менялись в пределах <0.02–0.15 мг/л, причем, наибольшее содержание токсикантов обнаруживалось на глубине. Превышение ПДК отмечено в 54% исследованных проб. В воде на глубине 20 м независимо от места отбора проб концентрации НП превышали ПДК в 1.4–1.6 раза. В придонном слое более высокие концентрации (1.8–2 ПДК) обнаружены в восточной части участка.

Концентрации НП в ДО исследуемого района Черного моря менялись в диапазоне 0.06–0.27 (в среднем 0.10) г/кг сух. массы. Низкие концентрации объясняются отсутствием на данном участке обладающих высокой абсорбционной способностью мелкодисперсных илистых ДО.

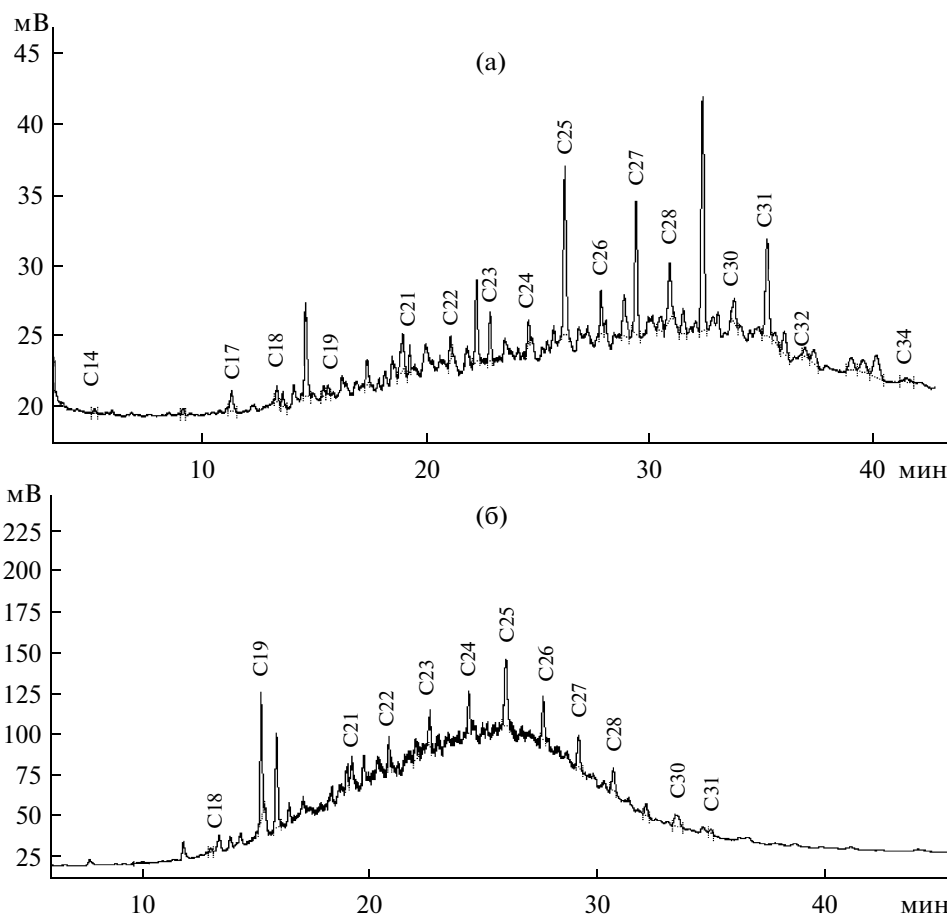


Рис. 3. Типичные хроматограммы алканов, полученные при анализе проб в ходе второй экспедиции в Азовском море из ДО (а), воды (б).

С апреля по октябрь 2008 г. в рамках планового мониторинга и дополнительных работ, выполняемых ФГУП «АзНИИРХ», получены новые данные о загрязнении Азовского и Черного морей, которые были использованы для оценки динамики пространственного распространения мазута в послеварийный период.

#### *Азовское море*

В среднем в 2008 г. уровень нефтяного загрязнения воды моря оказался сопоставимым с данными прошлых лет (табл. 1) и аномально высоких концентраций токсикантов найдено не было. Южный район собственно моря по степени загрязненности не отличался от других районов. Наиболее высокие концентрации НП в нем были обнаружены весной. Среднее содержание их в воде составило 0.09 мг/л (табл. 2), что обычно для Азовского моря [4]. Это связано с тем, что весной с тальми водами с прибрежных территорий в море смываются накопившиеся за зимний период ЗВ.

Посезонная визуализация полученных данных позволяет обнаружить весной на юге моря район

повышенного содержания НП (рис. 4). Однако площадь загрязнения относительно невелика, а обнаруженные там УВ не соответствовали УВ разлившегося в результате аварии мазута. УВ в составе мазута были идентифицированы методом газовой хроматографии только в единичных пробах в придонном слое воды на участке, расположенном северо-восточнее от Керченского прола.

Летом и осенью, несмотря на повышенные концентрации НП в некоторых районах, идентифицировать остатки мазута, вылившегося в море в результате аварии танкера «Волгонефть-139», не удалось. Степень загрязненности НП ДО в среднем оказалась в 1.3 меньше, чем в 2007 г., и соответствовала среднемноголетним значениям (табл. 3).

На рис. 5 представлено пространственное распределение НП по площади дна Азовского моря в различные сезоны 2008 г. в абсолютных концентрациях (г/кг сух. массы) и в относительных единицах (кратность СХК).

В южном районе моря повышенное абсолютное содержание НП в ДО было обнаружено только весной. Однако это связано не со «свежим» поступле-

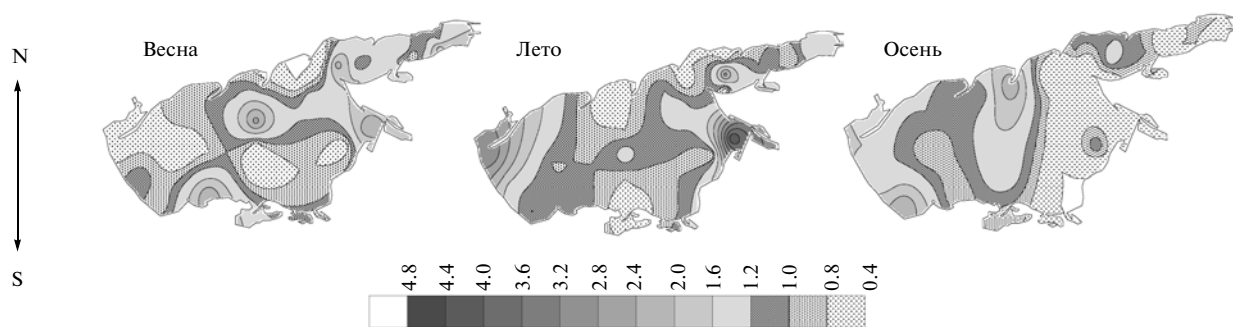


Рис. 4. Пространственное распределение НП в воде акватории Азовского моря в различные сезоны 2008 г. (в единицах ПДК).

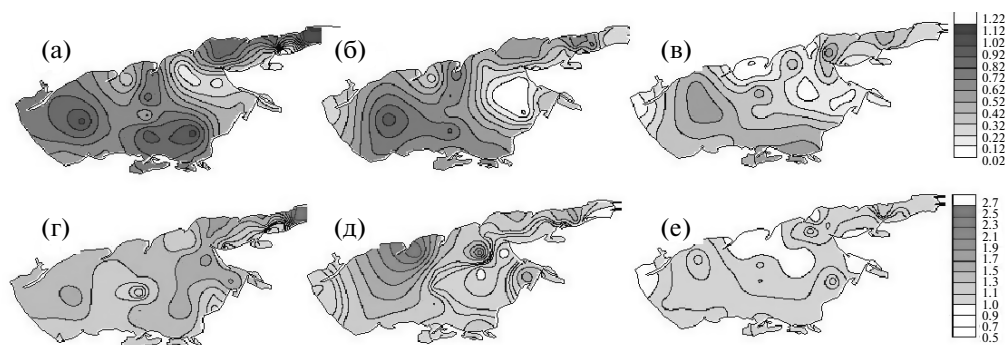


Рис. 5. Пространственное распределение НП в ДО Азовского моря в различные сезоны 2008 г. а–в – в абсолютных концентрациях (г/кг сух. массы), г–е – в относительных единицах (кратность СХК); а, г – весна, б, д – лето, в, е – осень.

нием этих соединений в этом районе, а с преобладанием здесь в структуре ДО илстой составляющей. Анализ относительных величин содержания токсикантов не выявил в этом районе “свежего” поступления НП. Идентифицировать остатки мазута в составе обнаруженных НП не удалось.

Таким образом, оказалось, что в 2008 г. ожидаемого увеличения содержания НП в экосистеме Азовского моря обнаружено не было. Их концентрации оставались либо на уровне прошлых лет, либо, как это имело место с ДО, даже уменьшились по сравнению с 2007 г. В ДО остатков мазута, вылившегося из танкера в ходе аварии в Керченском прол., произошедшей 11 ноября 2007 г., обнаружить не удалось.

#### Черное море

Динамика загрязнения воды НП в исследуемой части моря за последние 5 лет наблюдений характеризуется увеличением среднего уровня загрязнен-

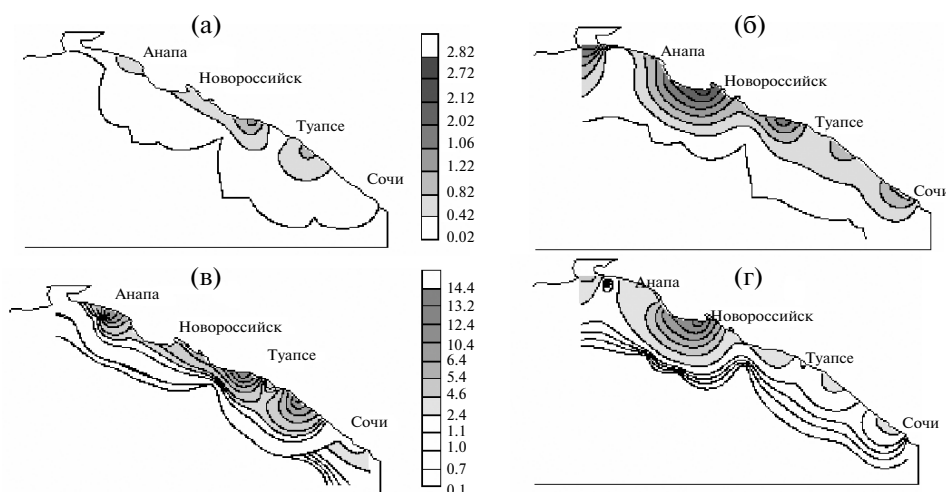
ности с 0.8–1.0 ПДК в 2004–2007 гг. до 1.2 ПДК в 2008 г. (табл. 1).

В 2008 г. концентрации НП в ДО в среднем составили самую высокую величину за все годы наблюдений – 0.78 г/кг, что в четыре раза выше, чем в 2007 г. (табл. 3).

На рис. 6 представлено пространственное распределение НП в ДО, выраженное в абсолютных концентрациях и в единицах кратности СХК.

Значения кратности СХК превышали 1.0 вдоль всего побережья, достигая значений – 13.4, т.е. абсолютная концентрация НП в пересчете на сухую массу более чем в 13 раз превысила концентрацию, характерную для данного типа ДО. Высокая степень загрязненности сохранялась и летом, и осенью. Таким образом, оказалось, что в отличие от Азовского в Черном море повышенное содержание НП наблюдалось и в водной толще, особенно в ДО.

Анализ всех имеющихся данных позволяет примерно реконструировать события, которые происходили после аварии в Керченском прол.



**Рис. 6.** Пространственное распределение НП в ДО северо-восточного побережья Черного моря в различные сезоны 2008 г. а, б — в абсолютных концентрациях (г/кг сух. массы); в, г — в относительных единицах (кратность СХК); а, в — лето, б, г — осень.

Большая часть попавшего в воду, в результате раскола танкера, мазута не осела на дно, а осталась во взвешенном виде: в тонкодисперсном коллоидном состоянии и эмульсии. Этому способствовали сильный шторм и низкие температуры воды и воздуха, которые стабилизировали образовавшуюся дисперсную систему за счет возрастания ее кинетической устойчивости [17]. Затем основное количество мазута за счет сильного волнения была выброшена на берег. Поэтому во время первой экспедиции, через 2 сут после аварии, когда пробы отбирались с берега (сильный шторм не позволял выйти в море), мазут в больших концентрациях обнаруживался практически во всех отобранных пробах и воды, и грунтов. За счет сильного шторма илистые ДО в районе Керченского прол. и южной части Азовского моря оказались сильно взмученными. Они сорбировали оставшуюся часть мазута и осели на дно. В результате сорбированный илами мазут, вероятно, оказался погребенным под слоем илистых наносов. Поэтому вторая экспедиция, через 3 недели после аварии, обнаружила повышенное содержание НП в основном только в районе затонувшего судна, а в большинстве проб ДО содержание токсикантов не отличалось от среднего по морю, причем, идентифицировать исходный мазут не удалось.

С апреля по октябрь содержание НП в воде и ДО продолжало уменьшаться, и, в итоге, по средней степени загрязненности 2008 г. оказался чуть ли не самым “чистым” за последние 5 лет наблюдений. Таким образом, в экосистеме Азовского моря следов разлившегося в результате аварии мазута практически не осталось, а весь мазут, вероятно, находится под достаточно толстым слоем илистых наносов.

Диспергированный в воде мазут, попавший в воды Черного моря, претерпел принципиально другие изменения. Черноморская вода в 2 раза более соле-

ная, чем азовская. Хлориды натрия, кальция, магния — мощные коагулянты. Ионы солей нейтрализуют одноименные заряды гранул мелкодисперсных частиц, в результате они объединяются, укрупняются, коагулируют и оседают на дно. В связи с этим повышенные концентрации НП обнаруживались не на поверхности, а на глубине. Осевший на дно мазут не мог быть поглощен и инактивирован в той же мере как и в Азовском море, поскольку доля илистых ДО здесь невелика, а преобладают в основном, крупнодисперсные ДО. В ходе зимних штормов за счет продольных и поперечных переносов [3] остатки НП были более или менее равномерно распределены вдоль всего Черноморского побережья. Поэтому летняя и осенняя съемки 2008 г. установили повышенное содержание НП в воде и ДО. По всей видимости, в дальнейшем будет происходить трансформация нефтяных составляющих осевшего на дно мазута, а процессы, обуславливающие относительную подвижность ДО, приведут к тому, что большая часть НП будет скрыта под новым слоем ДО.

## ВЫВОДЫ

В экосистеме Азовского моря ожидаемого увеличения содержания НП после аварии в Керченском прол. обнаружено не было. Их концентрации оставались либо на уровне прошлых лет, либо даже уменьшились по сравнению с 2007 г. В ДО остатков мазута, вылившегося из танкера в ходе аварии в Керченском прол., произошедшей 11 ноября 2007 г., обнаружить не удалось.

Летняя и осенняя съемки 2008 г. в Черном море установили повышенное содержание НП в воде и ДО. По всей видимости, в дальнейшем будет происходить трансформация нефтяных составляющих



осевшего на дно мазута, и булыжная часть НП будет скрыта под новым слоем ДО.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бродский Е.С., Лукашенко И.М., Калинин Г.А., Савчук С.А. Идентификация нефтепродуктов в объектах окружающей среды с помощью газовой хроматографии и хромато-масс-спектрометрии // ЖАХ. 2002. Т. 57. № 6. С. 592–596.
2. Жукова С.В., Куропаткин А.П., Шишкин В.М. и др. Особенности гидрометеорологического режима Керченского пролива и прилегающего районов Азовского и Черного морей в ноябре–декабре 2007 г. // Керченская авария: последствия для водных экосистем. Ростов-на-Дону: ФГУП АзНИИРХ, 2008. С. 34–46.
3. Зенкович В.П. Берега Черного и Азовского морей. М: Географгиз, 1958. 357 с.
4. Клёнкин А.А., Корпакова И.Г., Павленко Л.Ф., Темердашев З.А. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение. Краснодар: Просвещение-Юг, 2007. 324 с.
5. Клёнкин А.А., Павленко Л.Ф., Корпакова И.Г. и др. Современная характеристика донных отложений Азовского моря по степени загрязненности комплексом наиболее опасных токсикантов // Вод. ресурсы. 2008. Т. 35. № 2. С. 88–92.
6. Клёнкин А.А., Павленко Л.Ф., Темердашев З.А. Некоторые методические особенности определения уровня нефтяного загрязнения водных экосистем // Западская лаборатория. Диагностика материалов. 2007. Т. 73. № 2. С. 31–35.
7. Кормак Д. Борьба с загрязнением нефтью и химическими веществами. М.: Транспорт, 1989. 367 с.
8. Нельсон-Смит А. Нефть и экология моря. М.: Прогресс, 1977. 301 с.
9. Обухов Д. К., Крючков В. И. Исследование влияния нефтяного загрязнения на развитие ЦНС молодежи стерляди *Acipenser ruthenus* L. // Сб. матер. междунар. семин. "Охрана водных биоресурсов в условиях интенсивного освоения нефтегазовых месторождений на шельфе и внутренних водных объектах Российской Федерации". М.: Экономика и информатика, 2000. С. 165–170.
10. Овсиенко С.Н., Фащук Д.Я., Запера С.Н. и др. Шторм 11 ноября 2007 г. в Керченском проливе: хроника событий, математическое моделирование и географо-экологический анализ // Тр. ГОИН. 2008. Вып. 211. С. 308–340.
11. Патин С.А. Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа. М.: ВНИРО, 1997. 349 с.
12. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: ВНИРО, 1999. 304 с.
13. РД 52.24.309-2004. Методические указания. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета. СПб.: Гидрометеиздат, 2004. 67 с.
14. Руководство по методам химического анализа морских вод. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 208 с.
15. Рустамов Э.К. Особенности цитологических сдвигов в нейронах головного мозга осетровых рыб под воздействием сырой нефти // Тез. докл. I Междунар. конф. по проблеме Каспийского моря. Баку, 1991. С. 66–67.
16. Сборник докладов VI международной конференции "Актуальные проблемы промышленной безопасности: от проектирования до страхования". СПб., 2008. 90 с.
17. Шукин Е.Д., Певцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Высш. шк., 2007. 444 с.
18. Bridie O.L. Formation, prevention and breaking of sea water in crude oil emulsions chocolate mousse // Mar. Pollut. Bull. 1980. V. 12. № 11. P. 343–348.
19. Exxon Vades oil spill: fate and effects in Alaskan waters / Eds. Wells P.G., Butler G.T., Hughes J.S. Conshohocken: American Society for Testing and Materials, 1995. 955 p.
20. Irons D.B., Kendall S.J., Erickson W.P. et al. Nine years after Exxon Valders oil spill: effects on marine bird population in Prince Williams Sound, Alaska // Condor. 2000. № 102. P. 723–737.
21. Oil in the Sea. Inputs, Fates and Effect. Washington: NAS, 1985. 600 p.